第 40 卷 增刊　　昆 虫 学 报　　Vol. 40, Suppl.
1997 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1997

寄主经历对稻褐飞虱致害特性的影响*

傅 强 张志涛　　胡 萃
（中国水稻研究所 杭州 310006）　（浙江农业大学 杭州 310029）

摘要 对寄主经历不同的稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 3 龄若虫致害特性的研究结果表明：在抗虫品种 Mudgo 上的生活经历显著提高试虫在含 Bphl 基因的 Mudgo、IR26、IR28、IR34 上的蜜露排泄量、存活率及试虫对 Mudgo 的选择性：而 ASD7 上的经历仅显著提高试虫在 ASD7 上的蜜露量和存活率。不同品种上的经历对试虫的影响有所不同。同时，各经历试虫在抗虫品种上的蜜露排泄量显著小于在 TN1 上的排泄量。

关键词 稻褐飞虱，抗虫性，寄主经历，致害特性，水稻品种

稻褐飞虱 *Nilaparvata lugens* 是我国乃至许多亚洲国家的主要稻作害虫。培育和种植水稻抗虫品种是控制稻褐飞虱为害的有效途径。70 年代以来，国际水稻研究所(IRRI)先后在东南亚等地推广 IR26 和 IR36 等抗虫品种，曾有一度有效控制了稻褐飞虱的为害，但几年后它们相继由抗虫变为感虫[1,2]。迄今，品种抗虫性的丧失是抗虫育种面临的主要难题，其根本原因在于稻褐飞虱致害特性的转变。

害虫对寄主植物的致害特性直接反映害虫与寄主的相互关系，既是寄主抗虫性胁迫的直接结果，又与害虫对寄主的适应密切相关。以往，对稻褐飞虱的研究主要集中于水稻抗虫性一方，已筛选出千余份抗稻褐飞虱种质，鉴定出 9 个抗稻褐飞虱基因，而对稻褐飞虱的寄主适应规律研究相对较少。IRRI 将致害特性不同的稻褐飞虱种群称为生物型，并从形态学、生物学、细胞学、酶学等方面进行对比研究；一些学者强调稻褐飞虱生物型与寄主间基因对基因的关系，从遗传学方面进行研究[1~3]。因生物型问题的复杂性，在生物型的概念、致害基因与抗虫基因的关系等方面尚存在争议，对稻褐飞虱致害特性变异的本质远未明了。

为此，探明在寄主抗虫性胁迫下稻褐飞虱致害特性变异的规律十分必要。本方从稻褐飞虱在不同抗虫水稻品种上的生活经历对其致害特性的影响着手，研究稻褐飞虱致害特性变异的规律。

1 材料与方法

供试稻褐飞虱系 1994 年 9 月采于浙江富阳稻田，在室内用感虫品种 TN1（台中在来一号）连续饲养 7～10 代。实验前，取 TN1 上羽化 4～5 d 的性成熟雄虫及怀卵雌虫，分

* 国家攀登计划 85-31-03-02 专题研究内容
1997-06-02 收稿，1997-07-18 收修改稿

别饲于 TN1、Mudgo、ASD7，待子代若虫达 3 龄，即为 3 类寄主经历不同的试虫，分别称为 TN1 试虫、Mudgo 试虫和 ASD7 试虫，备用。

供试水稻品种除上述 TN1、Mudgo（含 *Bph*1 基因）和 ASD7（含 *bph*2 基因）外，还有与 Mudgo 具相同抗虫基因（*Bph*1）的 IR26、IR28 和 IR34，苗龄 45～60 d。使用前一周从水泥槽移栽至陶钵或塑料杯中，用前 2～3 d 剥去外层老叶，洗净，移到室内待用。

1.1　寄主经历对试虫取食及存活情况的影响

据 Paguia 等[4]的报道，稻褐飞虱的取食量与蜜露排泄量成正比。本研究采用 Parafilm 小袋法[5]收集试虫的蜜露，据蜜露排泄量评价取食量的多少。实验时，取经历不同的 3 龄试虫，用 Parafilm 袋分别接于 TN1、Mudgo、ASD7 3 种供试品种上，每袋接虫 2 头，固定于稻苗基部 2～11 cm 范围内。2 d 后记载存活情况，用万分之一分析天平（Sartorius 1602MP 8-1）称量袋中蜜露，并经水合茚三酮显色检验，剔除水滴。另外，按同样的方法观察 TN1、Mudgo 3 龄试虫在 IR26、IR28、IR34 上的蜜露排泄量及存活情况。

每处理存活率为第二天活虫数占该处理总供试虫数的百分比。平均密露量的计算则仅取无死虫的重复进行。文中统计结果“$x \pm y$”均系“平均值±标准误”（下同）。

1.2　寄主经历对试虫选择行为的影响

取抗（Mudgo 或 ASD7）、感（TN1）品种各 1 个，每品种 4 株，抗、感交替栽插于塑料盆中，排成直径 10cm 的圆圈。实验时放于四周档光、顶端有日光灯（40 W）照明（24 h 光照）的纸箱中。每次取经历相同的 3 龄试虫 150～200 头放于圆圈的中央，分别于接虫后 1 h、2 h、4 h、8 h、12 h、24 h 记载各苗上试虫的分布量，计算试虫选择抗、感品种的比例。

全部试验均在室内进行，除特别说明外，均为自然光照，温度 25℃～30℃。为排除温度、稻苗素质等因素的影响，同一试验的各处理及对照安排在同一时间进行。

2　结果与分析

在 TN1、Mudgo、ASD7 上生活的 3 类试虫，3 龄前的存活率差异不明显（$P>0.05$），分别为 83.0%、82.5%、70.8%。

2.1　寄主经历对试虫取食及存活情况的影响

在同一供试品种上，不同寄主经历 3 龄若虫的表现不同（表 1）。其中，在抗虫品种 Mudgo、ASD7 上，源于相应抗虫品种的试虫的蜜露排泄量和存活率均显著高于 TN1 试虫，源于不同抗虫基因品种上的试虫则仅存活率有明显提高。在 TN1 上，3 种不同经历的试虫的蜜露量及存活率均较高，相互间无显著差异。而且，各经历试虫在 TN1 上的蜜露量显著高于其在 Mudgo 或 ASD7 上的量。

可以认为，稻褐飞虱在抗虫品种上的生活经历对其在相应品种上的取食及存活情况有明显的影响，但这种影响还不能完全克服 Mudgo、ASD7 的抗虫性。

值得注意的是，从 TN1 试虫在 3 种不同品种上的蜜露量及存活率来看，TN1 上均较在 Mudgo 和 ASD7 上明显地高，而且，除 Mudgo 上有较大的存活率（65.4%）以外，两指标抗、感品种间的差距较悬殊，表明本研究所用虫源（已于 TN1 饲养 7 代以上）虽与生物型 I 稍有不同，但仍主要表现为生物型 I 的特性。

Mudgo 试虫在具 *Bph*1 基因的其它品种上的取食量和存活率均显著高于 TN1 试虫（表 2）。

表 1 各种稻品种上经历不同的 *N. lugens* 3 龄若虫的蜜露排泄量及存活率

供试品种	试虫经历	蜜露量（mg/虫.d）*		48 h 存活率（%）**	
Mudgo	TN1	0.39±0.10（n=32）	c	65.4	b
	Mudgo	1.78±0.35（n=22）	b	86.5	a
	ASD7	0.16±0.07（n=16）	c	93.3	a
ASD7	TN1	0.17±0.07（n=16）	c	18.3	c
	Mudgo	0.61±0.30（n=18）	c	93.3	a
	ASD7	2.05±0.50（n=19）	b	87.5	a
TN1	TN1	3.21±0.35（n=27）	a	80.8	a
	Mudgo	4.14±0.41（n=21）	a	94.0	a
	ASD7	4.09±0.51（n=21）	a	85.7	a

* 相同字母表示经 Duncan 氏多重比较差异不显著（P>0.05）

** 相同字母表示经 t 测验差异不显著（P>0.05）

表 2 Mudgo 3 龄若虫在具 *Bph*1 基因品种上的蜜露排泄量及存活率

试虫经历	供试品种	蜜露量（mg/虫·d）*		48 h 存活率（%）**	
Mudgo	IR26	2.28±0.50（n=28）	bc	96.6	a
	IR28	4.87±0.67（n=16）	a	91.7	a
	IR34	3.27±0.54（n=15）	b	97.5	a
	Mudgo	1.78±0.35（n=22）	c	86.5	ab
TN1	IR26	0.93±0.19（n=15）	d	71.4	c
CK	IR28	1.44±0.39（n=15）	cd	75.9	bc
	IR34	0.49±0.17（n=14）	d	66.7	c
	Mudgo	0.39±0.10（n=32）	d	65.4	c

* 相同字母表示经 Duncan 氏多重比较差异不显著（P>0.05）

** 相同字母表示经 t 测验差异不显著（P>0.05）

2.2 寄主经历对 3 龄若虫寄主选择行为的影响

Mudgo 试虫对 TN1、Mudgo 的选择不同于 TN1 试虫。随着接虫后时间的延续，Mudgo 试虫并不转移到 TN1 上，至 24 h，选择 Mudgo 的试虫占总试虫数的（48.6±3.1）%（n=3，下同），仍与选择 TN1 的（51.4±3.1）%接近；而 TN1 试虫则逐渐转移到 TN1 上，至 8 h，选择 TH1 的试虫占（62.1±2.6）%，显著高于选择 Mudgo 的（37.9±2.6）%，至 24 h，选择 TN1 的试虫与 Mudgo 的试虫分别占（71.2±1.9）%和（28.8±

1.9)%。从两类试虫分布于 Mudgo 上的变化趋势（图 1：A）可以看出，Mudgo 试虫对 Mudgo 的选择性明显增强。

ASD7 试虫对 TN1、ASD7 的选择结果与 TN1 试虫的无明显差异，至 24 h，ASD7 试虫分别有（65.5±2.7）%选择 TN1、（34.5±2.7）%选择 ASD7，TN1 试虫则分别为（68.5±5.9）%、（31.5±5.9）%。两类试虫对 ASD7 的选择呈相似的下降趋势（图 1：B）。

可以看出，不同品种上的经历对稻褐飞虱的影响有所不同。

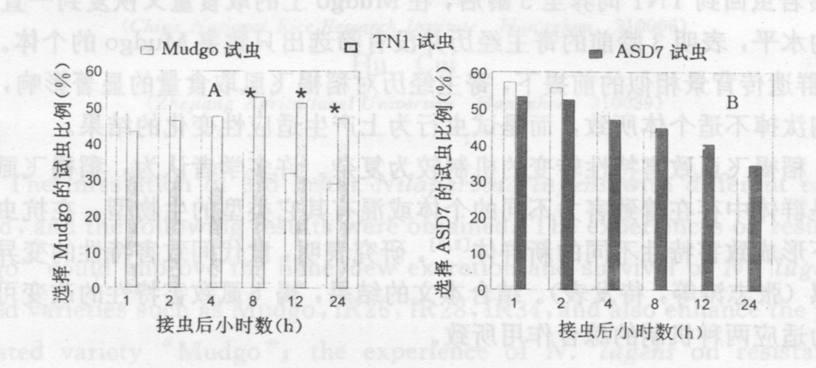


图 1 经历不同的 *N. lugens* 3 龄若虫对 Mudgo（A）或 ASD7（B）的选择

* 示两类试虫经 *t*-测验差异显著（$P<0.05$）

3 讨论

动物对复杂多变的环境有两种行为对策，一种是由遗传因子决定的本能行为，另一种是由环境变化引起的适应性行为（改进的行为）。其中，物种的遗传特性决定了基本的行为模式，但在生命过程中，环境引起的行为的改进则更具有适应意义[6]。因为昆虫寿命短，进化程度亦不如脊椎动物，人们曾普遍认为昆虫因环境变化而产生适应性行为的能力较差。但最近几十年的研究表明，这种适应性行为对策在昆虫中亦较为普遍。就植食性昆虫而言，迄今已在鳞翅目（8 个科）、同翅目、直翅目、鞘翅目等多种昆虫中证实，因外界经历引起的行为上的改变具有重要的生态学意义[7,8]。本研究证明寄主经历对稻褐飞虱取食、寄主选择行为有明显的影响。

（1）抗虫品种上的生活经历使稻褐飞虱在相应抗虫品种上的存活率和取食量均明显提高，前者有利于较多的个体进入下一阶段的发育，后者则可改善试虫的营养状况，对稻褐飞虱在抗虫品种上的生存具有重要的生态学意义。

然而，试虫在抗虫品种上的取食量仍显著低于在 TN1 上的水平。表明稻褐飞虱因经历而获得的适应性尚有一定的限度，只能在一定程度上对遗传决定的本能行为进行调整。稻褐飞虱生物型 I 对 Mudgo、ASD7 的抗虫性要经过多代才能克服[2]也说明了这一点。

（2）在外界逆境条件（如品种抗虫性）的胁迫下，昆虫适应该逆境的能力增强，一般有两种机制：①种群中混有遗传特性不同的个体，在逆境条件下适者生存；②昆虫对逆境条件产生了适应性行为变化，减少或克服该条件的不良影响。

本研究中，不同经历试虫均取自在TN1上生活7代以上的TN1室内种群，遗传背景相似，在不同品种上生活上至3龄均有较高的存活率，淘汰的个体较少。此后接于各供试品种上，存活率的差异不应仅仅反映遗传背景的差异。另外，在蜜露量的计算中只取无死虫的重复进行，在抗虫品种上若死掉的是不适的个体，用来进行蜜露量比较的则是相对适应于各抗虫品种的个体。实验中，用于蜜露量计算的试虫占原TN1种群（未经抗虫性筛选）的比例，TN1试虫在Mudgo、ASD7上分别为40.5%、15.1%，而Mudgo试虫在Mudgo上达66.7%，ASD7试虫在ASD7上则为56.6%。此外，实验中还观察到，Mudgo 3龄若虫回到TN1饲养至5龄后，在Mudgo上的取食量又恢复到一直饲于TN1上的试虫的水平，表明3龄前的寄主经历并没有筛选出只致害Mudgo的个体。因此，在原TN1种群遗传背景相似的前提下，寄主经历对稻褐飞虱取食量的显著影响，不应是品种抗虫性淘汰掉不适个体所致，而是试虫行为上产生适应性变化的结果。

然而，稻褐飞虱致害特性转变的机制较为复杂。许多学者认为，稻褐飞虱生物型形成的原因是群体中存在着致害力不同的个体或混有其它类型的生物型，在抗虫品种的连续选择压下形成致害特性不同的新群体[2,9]。研究表明，世代间致害特性的变异存在着可遗传的积累（张志涛等，待发表）。结合本文的结果，褐飞虱致害特性的改变可能是遗传筛选和行为适应两种机制的综合作用所致。

致谢 南京农业大学植保系96届实习生褚艳玲参加部分工作，谨致谢忱。

参 考 文 献

1 张志涛．褐稻虱的生物型．国外农学——水稻，1986，(4)：16～22

2 吴荣宗等．褐稻虱生物型的研究进展．华南农业大学学报，1992，**13**：113～120

3 李汝铎，丁锦华等主编．褐飞虱及其种群管理．上海：复旦大学出版社，1996，47～52

4 Paguia P M *et al*. Honeydew excretion measurement techniques for determining differential feeding of biotypes of *Nilaparvata lugens* on rice varieties. J. Econ. Entomol. 1980，**73**：35～40

5 Heinrichs E A *et al*. Genetic evaluation for insect resistance in rice. Los Banos：International Rice Research Institute，1985，125～126

6 范志勤编著．动物行为．北京：科学出版社，1988

7 Papaj D R，Prokopy R J. Ecological and evolutionary aspects of learning in phyptophagous insects. Ann. Rev. Entomol. 1989，**34**：315～350

8 Szentesi A，Jermy T. The role of experience in host plant choice by phytophagous insect. In：Insect-Plant Interactions Bernay E A ed. Boca Roton：CRC Press. 1990，**2**：39～74

9 Khan Z R，Saxena R C. Purification of biotype I population of brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Homoptera：Delphacidae). Insect Sci. Appl. 1990，**11**：55～62

THE EFFECTS OF HOST-RELATED EXPERIENCES ON THE INFESTATION OF RICE BROWN PLANTHOPPER, *NILAPARVATA LUGENS* (STÅL)

Fu Qiang　　Zhang Zhitao

(*China National Rice Research Institute　Hangzhou*　310006)

Hu　Cui

(*Zhejiang Agricultural University　Hangzhou*　310029)

Abstract　The infestation of 3rd instar *Nilaparvata lugens* with different experiences was studied, and the following results were obtained. The experiences on resistant variety "Mudgo" could improve the honeydew excretion and survival of *N. lugens* on the Bphl-carried varieties such as Mudgo, IR26, IR28, IR34, and also enhance the preference for the tested variety "Mudgo"; the experience of *N. lugens* on resistant variety "ASD7", however, only contributed to the increase of honeydew excretion and survival on the same variety, thus implying that the effects of experience were characterized by variety-dependence to some extent. It is still recognized that the amount of honeydew excretion was much less on Mudgo and ASD7 than on TN1 for *N. lugens* with the same experience on the resistant varieties.

Key words　*Nilaparvata lugens*, resistance to insect, host-related experience, infestation, rice variety